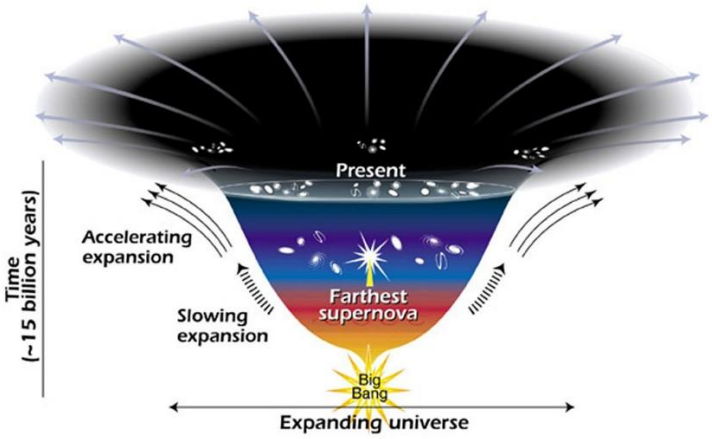
دکتر حسن بلوری

برلین، ۲۰۲۲/۰۹/۰۴

قوانینِ طبیعی و انبساطِ کیهان



Natural laws and expansion of the universe[1]

فشرده

تاریخ و سرانجامِ کیهان با انبساطِ آن گره‌خورده است. در طول یک قرن گذشته کیهان‌شناسان به شناخت‌هایی دست‌یافته‌اند که نه تنها جهان‌بینی ما را دگرگون کرده بلکه دانش ما از جهان هستی را نیز بسیار توسعه بخشیده است. از آنجمله روشن شده است که کهکشان‌ها با سرعت سرسام‌آوری از یکدیگر دور می‌شوند. برای مثال یک کهکشان در فاصله‌ی حدود ۱۶۳ میلیون سال نوری از کره زمین با سرعتی نزدیک به هجده میلیون کیلومتر در ساعت از ما دور می‌شود. هرچه فاصله‌ی کهکشان‌ها از هم زیادتر باشد به‌همان میزان نیز سرعت دورشدنشان از یکدیگر بیشتر است.[۲] آیا این وضع به‌همین شکل ادامه خواهد یافت و زمانی خواهد رسید که در آسمان جز کهکشانِ راه شیری چیز دیگری قابل مشاهده نخواهد بود؟ و یا اینکه کیهان در مقطعی بر اثر نیروی گرانش جهتِ معکوس پیشه کرده، بسوی کاهش حجم خود تا "نقطه"ی به اصطلاح تکینگی پیش‌رفته و بار دیگر پروسه‌ی انفجار بزرگ (بیگ بنگ) تکرار خواهد شد؟ نمی‌دانیم.

درک و فهم انبساط کیهان و رابطه‌اش با پروسه‌های جاری در آن بسیار مهم و اساسی است. چراکه برتری (مزیت) شناختِ دقیق از انبساط کیهان تنها محدود به توضیح سرگذشت و سرانجام آن نمی‌شود. بلکه همچنین و برای مثال کسب اطلاع از شرایط مرزیِ نظریه‌های کیهان‌شناسی و ارزیابی درست از قوانین طبیعی در نقاط مختلف کیهان لازم است. به‌همین خاطر تعیین دقیق سرعت انبساط کیهان و همینطور اندازه‌ی نیروی گرانش در حوزه‌های مختلف آن امری بایسته (الزامی) است.

در این مقاله می‌کوشم روشن کنم که چرا قوانین طبیعی در نقاط مختلف کیهان از نگاه ما متفاوت از قوانین طبیعی شناخته شده در محدوده‌ی کره زمین به‌نظر می‌رسند و رابطه‌ی آنها با انبساط کیهان، نیروی گرانش و دنیای کوانتوم چیست.

یادآوری

۱. در مقاله‌ی 'چیستی قوانین طبیعی'[۳] به موضوعاتی مانند: لزوم داده‌های عینی، فقدان قطعیت، معلول و علت پرداختیم،

۲. در مقاله‌ی 'روش دستیابی به قوانین طبیعی'[۴] مفهوم‌های ضروری، ایده‌الی و تقریبی بودن قوانین، نظریه ذرات و میدان‌ها (بدون و با کنش و واکنش) را شرح و

۳. در مقاله‌ی 'آیا قوانین طبیعی جهانشمول هستند؟'[۵] قابل مشاهده نبودن و تردید در جهانشمول بودن قوانین طبیعی را توضیح دادیم.

۴. در مقاله‌ی 'آیا قوانین طبیعی تغییر می‌کنند؟'[۶] به مسئله‌ی پایداری قوانین طبیعی و رابطه‌ی آنها با ثابت‌های طبیعی، به‌ویژه با 'ثابت زومرفلد' یا 'ثابت ساختارهای ریز' پرداختیم.

پیشگفتار

در مقاله‌ی 'مهبانگ و پیدایش کیهان ـ پیش از مِهبانگ چه بود؟ مِهبانگ در کجا بود؟'[۷] مسائل مربوط به بیگ بنگ (آغاز گیتی)، انبساط کیهان، سرگذشت و سرانجام کیهان را شرح داده‌ام. در آنجا از جمله آمده است:

"مدل یا فرضیه‌های ارائه شده برای مِهبانگ هیچ‌یک تاکنون به درجه‌ی اثبات ارتقاء نیافته‌اند... . استدلال و همچنین حدس و گمان‌های ما متکی به شواهدی عینی هستند که در طول قرن بیستم و اوایل قرن حاضر به‌دست‌آورده‌ایم. ... مهم‌ترین شواهد عینی که تاکنون برای مِهبانگ به‌دست‌آورده‌ایم عبارت‌اند از:
۱. انبساط کیهان ۲. تابش زمینه‌ی کیهانی ۳. توزیع عناصر شیمیائی در کیهان ۴. نواسانات دمای تابش زمینه‌ی کیهانی."[۷]

ویژگی‌های فیزیکی کیهانِ مشاهده شده (مشاهده‌پذیر) عبارتند از[۸]:

۱. کیهان تشکیل شده از حدود ۵ درصد ماده معمولی، ۲۷ درصد ماده تاریک و ۶۸ درصد انرژی تاریک (؟)، ۲. شعاع کیهان حدود ۴۶ میلیار سال نوری؛ ۳. جرمِ کیهان حدود 10^{53} kg؛ ۴. چگالی متوسط کیهان حدود $4,7\ g/cm^3$ ۵. عمرِ کیهانِ مشاهده‌پذیر حدود ۱۳,۸ میلیارد سال؛ ۶. دمای تابش زمینه کیهانی حدود ۲,۷۳ کلوین (اندکی بیشتر از منهای ۲۷۰ سانتی‌گراد)؛ ۷. تعداد کهکشانها در کیهان چند صد میلیارد (می‌تواند کمتر یا بیشتر باشد) و ۰۸ اندازه‌ی تکانه (ضربه) و تکانه زاویه‌ای (تکانه‌ی دورانی) کیهان احتمالن برابر با صفر؛ ۹. در کل، کیهان مکانیست بسیار سرد و بسیار تاریک.

کیهانِ مشاهده‌پذیر به کیهانی می‌گوئیم که امواج الکترومغناطیسی (نور تنها حدود ۴سانتی‌متر از طیف ۲متری آن را تشکیل می‌دهد) ارسال (گسیل، ساطع) شده از اجرام آسمانی فرصت کافی برای رسیدن به کره زمین را داشته‌اند. ما این امواج را به‌شیوه‌ی به اصطلاح "بینائی" شناسایی می‌کنیم. امکان دیگر بهره‌جوئی از امواج گرانشی است که در باره‌ی آن در مقاله‌ی[۹] آمده است:

"... کشف امواج گرانشی به‌معنای گشودن پنجره‌ای به کیهان و آغاز عصر تازه‌ای در تاریخ علم و در تاریخ بشر است. حال امید آن می‌رود که بتوان از طریق امواج گرانشی، به اصطلاح از طریق ''شنوائی''، کل کیهان را رصد کرد؛ از جمله بتوان از ماهیت نیروی تاریک (؟) و ماده‌ی تاریک مطلع شد. یعنی بتوان ۹۵ درصد ناشناخته‌ی کیهان را شناسائی کرد.
به‌نظرم آن‌چه به احتمال از این به بعد از طریق امواج گرانشی کشف خواهند شد بسیار متفاوت و تعجب‌آورتر از هرآن‌چه که تاکنون یافته‌ایم خواهد بود. از این‌رو لازم است خود را برای خدشه‌دارشدن چندمین باره‌ی ''عقل سلیم''مان آماده کنیم."[۹]

طبق داده‌ها، کیهان در حالِ انبساط است و از آنجائیکه سرعتِ نور و همینطور سرعتِ امواج گرانشی محدود است، می‌توان تصور کرد که احتمالن به دلیل فاصله‌های زیادِ بعضی اجرام کیهانی از کره زمین تاکنون هیچ سیگنالی از آنها به ما نرسیده است ـ نه به‌شکل الکترومغناطیسی ("بینایی") و نه به‌شکل گرانشی ("شنوایی"). دلیل دیگر می‌تواند انبساط کیهان باشد که مدام فاصله‌ی میان کهکشان‌ها را بیشتر می‌کند. به این ترتیب ممکن است ما هرگز سیگنالی از نواحی دوردست کیهان دریافت نکنیم. در این‌صورت ادعای جهانشمول بودن قوانین طبیعی بی‌آنکه امکان راستی آزمایی آنها را داشته باشیم چه معنایی دارد؟ آیا جز این است که ما قوانین طبیعیِ شناخته شده از حوزه‌ی کره زمین را به کل کیهان توسعه می‌دهیم؟
البته به دلالیلی[۳ و ۴] می‌توان یک چنان دیدگاهی را پذیرفت ولیکن نمی‌توان به‌طور قطع از درستی آن مطمئن بود. در کتاب 'علم اندیشیدن ـ ریشه‌ها و روش‌ها'[۱۰] در این‌باره می‌خوانیم

"بیش از آن نباید گفت که می‌توان گفت، چراکه در غیراین‌صورت درها برای "دیدن" و "باورکردن" بسیاری چیزها باز است."[۱۰]

برای ارزیابی قوانین طبیعیِ در نقاط مختلف کیهان و مقایسه‌ی آنها با قوانین طبیعیِ شناخته شده از ناحیه‌ی کره زمین لازم است امواج ارسال شده از ابژکت‌های بخش‌های مربوطه را رسد، بررسی و در ادامه کمیت‌های ضروری زیر را از آنها بدست آورد:

۱. طولِ موج (بسامد) دریافت شده ۲. فاصله‌ی جرم (اجرام) ارسال کننده‌ی امواج الکترومغناطیسی و یا گرانشی از کره زمین ۳. اندازه‌ی نیروی گرانشِ در بخش مربوطه ۴. سرعت انبسلط کیهان.
پس از دستیابی به این داده‌ها لازم است آنها را با داده‌های ناحیه‌ی کره زمین سنجید و از همتراز بودن مطلع شد.

روشن است که تمامی چنان داده‌هایی از آنِ گذشته‌ی اجرام کیهانی هستند. به این دلیل ساده: امواج ارسال شده‌ی تا رسیدن به ما بعضن میلیاردها سال در راه بوده‌اند. غیرقابل تصور نیست که در این مدت عمر آنها به سر رسیده باشد و دیگر در کیهان حضور نداشته باشند. منجمان همواره پدیده‌های کیهانی را در شکل گذشته‌ی آنها مشاهده می‌کنند. به‌همین خاطر منجمان را تاریخ‌نگار کیهان نیز می‌نامند.
مثال: چنانچه خورشید "به یک‌باره خاموش یا از صحنه محو شود" ما بلافاصله متوجه آن نخواهیم شد بلکه پس از گذشت حدود هشت دقیقه از چنان رخدادی با خبر می‌شویم.

در حال حاضر انسان توانسته است با پژوهش روی امواج رسد شده، گذشته‌ی کیهان را تا کمتر از پانصد میلیون سال پس از انفجار بزرگ (بیگ بنگ) ردیابی کند. به احتمال در آینده‌ای نه چندان دور با بهره‌جوئی از امکانات تلسکوپ 'جیمز وب' و جانشین آن که هم اکنون برنامه‌ریزی برای ساخت آن شروع شده است زمان مزبور کوتاه‌تر هم خواهد شد. یعنی، خواهیم توانست به مراحل شروع به حیات کیهان نزدیکتر و با تاریخ دوران آغازین آن آشنا شویم.

در زیر به توضیح مفهوم‌ها ی ضروری و روش سنجشِ امواج رسد شده از اجرام کیهانی به منظور دستیابی به داده‌های لازم ذکر شده در بالا برای ارزیابی قوانین طبیعی در نقاط مختلف کیهان می‌پردازیم.

تعریف انتقال به سرخ

انتقال به سرخ (red shift) به پدیده‌ای گفته می‌شود که در آن امواج الکترومغناطیسیِ ارسال شده از یک جرم با دور شدن از گیرنده (ناظر) و یا گیرنده از منبعِ انتشار امواج (فرستنده) به‌سمتِ طولِ موج سرخ می‌رود. به‌دلیل آنکه این امواج برای ما نامرئی هستند لازم است برای ردیابی آنها از ابزاری که طیف‌سنج نامیده می‌شوند یاری‌بجوئیم.

انتقال به سرخ با حرف z نشان داده می‌شود و بیان از نسبت دو کمیت، یعنی تغییرات طول موج ($\Delta\lambda$) نسبت به طول موج اولیه (λ)، دارد: $z = \Delta\lambda / \lambda$. غالبن از عدد z در تعیین ساده‌تر فاصله‌های کیهانی که معمولن کهکشان‌ها هستند نیز بهره‌جسته می‌شود. هرچه z بزرگتر است به‌همان میزان نیز فاصله‌ی ابژکت‌های مربوطه از ما زیادتر است. یعنی، زمان طولانی‌تری از حضور آنها در کیهان می‌گذرد و یا ما به گذشته‌ی دورتری از کیهان می‌نگریم.

درست است که با یاری z می‌توان فاصله‌ی اجرام کیهانی از کره زمین را تعیین کرد اما به دلیل آنکه کیهانِ در حال انبساط است، فاصله‌های مربوطه تعریف روشنی ندارند. نکته‌ی مهم دیگر که در اندازه‌گیری‌های آنها می‌بایستی به آن توجه شود عامل مؤلفه‌ی سرعت (انبساط کیهان) در جهت طیف‌سنج، یعنی مؤلفه‌ی سرعت شعاعی، است.

چرایی انتقال به سرخ

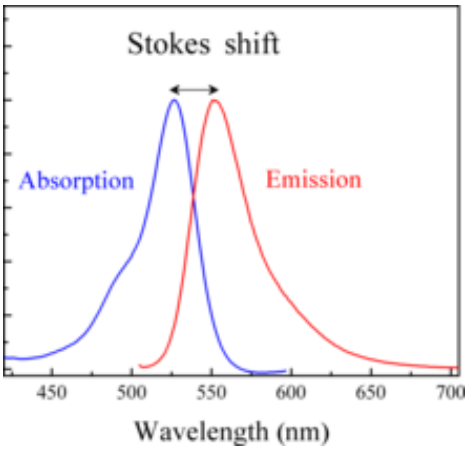
انتقال به سرخ می‌تواند یک و یا همزمان چند علت داشته باشد. علت‌هایی که که سبب انتقال به سرخ می‌شوند عبارتند از:

۱. انتقال (جهشِ) کوانومی ۲. حالتِ حرکتِ منبع انتشار امواج نسبت به ناظر (و یا بعکس) ۳. انحنای فضازمان (اندازه‌ی نیروی گرانش) و ۴. انبساط کیهان.
اساس هر یک از این ۴ علت، انتخاب چارچوب مرجع و دیرکرد (تاخیر) یا تندکرد (تسریع) زمان بین دو نقطه‌ی مجاورِ همفاز است (همفاز به دو نقطه که دارای انحراف ـ ازدیاد طول، elongation ـ و جهت حرکت یکسان در طول زمان داشته باشند گفته می‌شود.) در حالت اول، یعنی دیرکرد، با رویداد انتقال به سرخ (red shift) و در حالت دوم، یعنی تندکرد، با رویداد انتقال به آبی (blue shift) مواجه هستیم. توجه داریم که در هر دو مورد مسئله، انتخاب چارچوب مرجع است (مشاهده شده‌ها از دیدگاه ما). در زیر ۴ علت ذکر شده را توضیح می‌دهیم:

۱. انتقال به سرخ بر اثر (جهشِ) کوانتومی:

عناصر شیمیایی (و همینطور هسته‌ی اتم‌ها و ملکول‌ها) هر یک دارای طیف امواج الکترومغناطیسی با طول موج‌های خاص خود هستند که حاصل از اختلافِ انرژیِ ترازهای انرژی در عناصر مربوطه است. به بیان دیگر، عناصر مختلف شیمیایی امواج الکترومغناطیسی را در طول موج‌های مشخص جذب و انتشار می‌دهند. یعنی، هر عنصری طیف منحصر به فرد خود را دارد. در نتیجه با ملاحظه‌ی این طیف‌ها می‌توان عناصر شیمیایی را شناسایی کرد. از این شیوه در تشخیص

عناصر موجود برای مثال در ستارگان (خورشید) بهره‌جسته می‌شود. مکان خطوط طیفی در طیف تابع ۱. جزئیات انتقال کوانتومی و ۲. حالت حرکت منبع نسبت به ناظر (و بعکس) است.
اختلافِ موقعیتِ حداکثرِ باندِ طیفِ جذب و انتشار از همان انتقال الکترونیکی تغییرِ مکانِ استوکس (Stokes shift) نامیده می‌شود و بیان از تغییر مکان طول موج یا بسامد امواج الکترومغناطیسی میان جذب و انتشار دارد (تصویر ۲).



تصویر ۲:اختلاف حداکثر باند طیف جذب و انتشار[۱۱]

جرج گابریل استوکس فیزیکدان و ریاضیدان بریتانیایی (۱۹۰۳-۱۸۱۹) در سال ۱۸۵۲ دریافت که نور دوباره ارسال (ساطع) شده از مواد فلورسنت طولِ موج بزرگتری نسبت به نورِ پیش‌تر جذب شده دارد. به عبارت دیگر، موادی که هنگام قرار گرفتن در معرض نور، فلورسانس می‌شوند نور دوباره ساطع شده‌شان همواره طول موج بیشتری دارد، یعنی به طرف سرخ می‌رود.[۱۱]

۲. انتقال به سرخ بر اثر تغییر فاصله

فشردگی و انبساط یک موج در طول زمان به دلیل تغییرات فاصله‌ی بین فرستنده (منبع) و گیرنده (ناظر) که در آن با کوچک شدن فاصله بین فرستنده و گیرنده بسامد (فرکانس) افزایش می‌یابد و برعکس با بزرگ شدن فاصله بین آنها بسامد کاهش می‌یابد اثر- دوپلر نامیده می‌شود. این اثر را کریستیان یوهان دوپلر، فیزیکدان اتریشی (۱۸۵۳-۱۸۰۳)، در مقاله‌ای از سال ۱۸۴۲ بیان کرده است.[۱۲]
اثر- دوپلر در بخش آکوستیک پدیده‌ای از مکانیک کلاسیک بشمار می‌رود. اما در بخش اپتیک پدیده‌ای نسبیتی (نسبیت خاص) محسوب می‌شود.
انتقال به سرخ بر اثر تغییر فاصله تنها برای فاصله‌های کم میان کهکشان‌ها مطرح است، یعنی برای ابژکت‌های کیهانی که نسبت به یکدیگر بیش از حدود ۳۲۶ سال نوری از هم فاصله دارند رُلی بازی نمی‌کند. در این حالت‌ها سهم اثر- دوپلر در انتقال به سرخ در مقایسه با انتقال به سرخِ انبساط کیهان ناچیز و قابل چشم‌پوشی است.[۱۳]

۳. انتقال به سرخ بر اثر نیروی گرانش

انتقال به سرخ می‌تواند ناشی از حضور نیروی گرانش باشد. برای مثال بسامد (فرکانس) یک ذره‌ی فوتون که از یک منبع گرانشی دور می‌شود به دلیل کاهش انرژی به قسمت سرخِ طیف می‌رود. بعکس با نزدیک شدن ذره‌ی فوتون به مرکز گرانش انرژی آن افزایش می‌یابد و بسامد بسوی بخش آبیِ طیف می‌رود. این رفتار از طریق قانون پایستگی انرژی (قانون بقاء انرژی) قابل توضیح است.[۱۴] و اینشتین آن را در سال ۱۹۱۱ پیش‌بینی کرد.[۱۳و۱۵]

در واقع انتقال به سرخ بر اثر نیروی گرانش به علت گسترش (بسط، اتساع) زمان رخ می‌دهد. با دور شدن ذره‌ی فوتون از مرکز گرانش مدام بسامد آن کوچکتر می‌شود، زمان سریعتر می‌گذرد. برعکسِ این حالت در مورد انتقال به آبی صادق است، یعنی وقتی فوتون به مرکز نیروی گرانش نزدیک می‌شود. در این حالت زمان کندتر می‌گذرد.
اندازه‌ی انتقال به سرخ با نیروی گرانش نسبت مستقیم دارد. هر چه نیروی گرانش بیشتر باشد، برای مثال نیروی گرانش ستارگان نوترونی و یا سیاه‌چاله‌ها، به‌همان میزان نیز انتقال به سرخ ذره موقع دور شدن از آنها بیشتر است (و بعکس).

۴. انتقال به سرخ بر اثر انبساط کیهان

انتقال به سرخ می‌تواند بر اثر انبساط کیهان رخ دهد. برای مثال یک موج الکترومغناطیسی آزاد را در نظرمی‌گیریم. بدیهیست که طول موج مربوطه با انبساط فضا گسترش (بسط) می‌یابد. یعنی، بسامد آن در طیف به‌سوی سرخ می‌رود. هرچه انبساط فضا زیادتر باشد به‌همان میزان نیز بسط موج الکترومغناطیسی بیشتر است و بسامد آن در طیف بیشتر به طرف سرخ می‌رود.

در اینجا لازم است به این نکته مهم توجه داشته باشیم که نوع انتقال به سرخ بر اثر انبساط کیهان متفاوت از انتقال به سرخِ بر اثر اثر- دوپلر است. در اثر- دوپلر مسئله بر سر سرعت نسبی ابژکت‌ها (فرستنده و گیرنده) نسبت به یکدیگر است. در حالیکه در انتقال به سرخ بر اثر انبساط کیهان، گسترش کل کیهان، مدنظر می‌باشد. در اینجا امواج آزاد از آنجمله امواج الکترومغناطیسی همسو با انبساط کیهان گسترش می‌یابند. اما چگونه می‌توان دریافت که انتقال به سرخ از طریق انبساط کیهان صورت گرفته است و نه توسط اثر- دوپلر؟ پیش‌تر به این پرسش پاسخ داده شده است:

برای ابژکت‌های کیهانی که نسبت به یکدیگر بیش از ۳۲۶ سال نوری از هم فاصله دارند اثر-دوپلر قابل چشم‌پوشی است، یعنی تعیین کننده در اینجا انبساط کیهان می‌باشد.

آنچه در بالا در باره‌ی گسترش (اتساع) زمان در انتقال به سرخ بر اثر نیروی گرانش گفته شد در انتقال به سرخ بر اثر انبساط کیهان نیز صادق است. به این دلیل که امواج ارسال شده بعدی می‌باید (به علت انبساط کیهان) مسیر طولانی‌تری را طی کنند. از این‌رو طول موج آنها بیشتر می‌شود و یا بسامدشان در طیف به طرف سرخ می‌رود.

جمعبندی و نتیجه‌گیری

توضیحات ارائه شده در بالا نشان از درهم‌تنیدگی پروسه‌های طبیعی از جمله با فرایند انبساط کیهان و نیروی گرانشِ متفاوت در نقاط مختلف آن دارند. از این‌رو لازم است، حتا بر فرض جهانشمول بودن[۵] و تغییرناپذیربودن[۶] قوانین طبیعیِ، در ارزیابی قوانین طبیعی در نقاط مختلف کیهان فاکتور انبساط کیهان و اندازه‌ی نیروی گرانش در نظرگرفته شوند. یعنی، لازم است داده‌های رسد شده از ناحیه‌ی معینی در کیهان را با داده‌های ناحیه‌ی کره زمین با ملاحظه‌ی اختلاف نیروی گرانش در دو ناحیه و همچنین فاکتور انبساط کیهان مقایسه نمود و از این طریق از همتراز بودن (یا نبودن) قوانین طبیعی در دو ناحیه مختلف اطلاع حاصل کرد. و در همین راستا به پدیده‌ی کندتر به نظر رسیدن فزایندهای طبیعی از دیدگاه ما در نقاط دیگر کیهان پاسخ علمی داد. ما همچنین می‌توانیم با بررسی طیف امواج رسد شده از اجرام مختلف کیهان فاصله‌ی آنها از کره زمین را محاسبه کنیم.

با استفاده از روش مزبور کیهان‌شناسان توانسته‌اند ۱۳/۳ میلیارد سال از تاریخ کیهان ۱۳/۸ میلیارد ساله را، یعنی تا ۴۸۰ میلیون سال پس از انفجار بزرگ، روشن کنند. یک چنین توفیقی آنهم در طول یک قرن در تاریخ بشر نه تنها بی‌سابقه و حیرت‌انگیز است بلکه به هیچ‌وجه قابل مقایسه با آنچه در طول ده‌ها قرن پیش از آن بوده نیست. علم کیهان‌شناسی با شتابی روزافزون در حال پیشرفت است و انتظار آن می‌رود که در آینده‌ای نه چندان دور بتواند به پرسش‌های ذکر شده در ابتدای مقاله (بخش فشرده) پاسخ علمی بدهد.

ما آگاه هستیم که دیدمان از کیهان به دلیل محدود بودن سرعت امواج الکترومغناطیسی و گرانشی همواره دیدی به گذشته‌ی کیهان است. به بیان دیگر، ما کیهان را از منظر زمان می‌بینیم. در نتیجه قادر نیستیم وضعیت فعلی اجرام کیهانی را مشاهده و از تغییرات آنها مطلع شویم. به‌ویژه اگر آن اجسام میلیاردها (حتا اگر تنها میلیون‌ها) سال نوری از ما فاصله داشته باشند. در این‌صورت نه عمر ما و نه شاید عمر سامانه خورشیدی اجازه‌ی با خبر شدن از آنها را می‌دهد.

ما اکنون درعلم کیهان‌شناسی صحبت از کیهانِ کوانتومی[۱۶] می‌کنیم. نظریه کیهان کوانتومی ترکیبی از نظریه نسبیت عام و نظریه کوانتوم است. وقتی پای نظریه کوانتوم به بحث کیهان و قوانین آن باز می‌شود صورت مسئله از حالت به اصطلاح کلاسیک خارج و شکل بغرنج‌تر ولیکن در عین حال پُررنگ‌تر با امکانات به‌مراتب بیشتری به خود می‌گیرد. قوانین کیهان کوانتومی کیهان‌های (به اصطلاح جهان‌های موازی) زیادی را ممکن و توصیف می‌کند. هر یک از آن کیهان‌ها می‌توانند قوانین طبیعی ویژه‌ی خود را داشته باشند. برای مثال ممکن است توزیع عناصر شیمیائی در آنها به نوع دیگری باشد و امکان شکل‌گیری حیات به‌شکلی که ما می‌شناسیم وجود نداشته باشد.

مسئله اساسی در بحث قوانین طبیعی (چیستی قوانین طبیعی[۳]) و اصولا شکل‌گیری کیهان بی‌اطلاعاتی ما از شرایط اولیه است. تا زمانی که ما از شرایط اولیه اطلاع کافی نداریم نمی‌توانیم به‌طور یقین در باره‌ی قوانین طبیعی نظر و توضیح علمیِ قانع کننده‌ای ارائه دهیم.

مراجع

1. https://esahubble.org/images/opo0109g/

2. https://www.spektrum.de/magazin/die-expansionsgeschwindigkeit-des-universu

3. Hassan Bolouri, The essence of the laws of nature

۳. حسن بلوری، 'چیستی قوانین طبیعی'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه مارچ سال ۲۰۲۲

4. Hassan Bolouri, Method to obtain the laws of nature

۴. حسن بلوری، 'روش دستیابی به قوانین طبیعی'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه می سال ۲۰۲۲

5. Hassan Bolouri, Are the natural laws universal?

۵. حسن بلوری، 'آیا قوانین طبیعی جهانشمول هستند؟'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه ژوئن سال ۲۰۲۲

6. Hassan Bolouri, Are the laws of nature changing?

۶. حسن بلوری، 'آیا قوانین طبیعی تغییر می‌کنند؟'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه جولای سال ۲۰۲۲

7. Hassan Bolouri, Big Bang Theory

۷. حسن بلوری، 'مهبانگ و پیدایش کیهان ـ پیش از مهبانگ چه بود؟ مهبانگ در کجا بود؟'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه می سال ۲۰۲۱

8. https://de.wikipedia.org/wiki/Universum

9. Hassan Bolouri, Perception limit

۹. حس بلوری، 'مرزهای ادراک حسی در شناخت بیواسطه'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه نوامبر سال ۲۰۲۰

10. Hassan Bolouri, The Science of Thinking – Principles and Methods .

۱۰.حسن بلوری، علم اندیشیدن ـ ریشه‌ها و روش‌ها، نشر هزاره‌ی سوم، زنجان، ۱۳۹۴

11. https://en.wikipedia.org/wiki/Stokes_shift

12. https://www.leifiphysik.de/akustik/akustische-wellen/grundwissen/doppler-effekt

13. https://www.leifiphysik.de/astronomie/kosmologie/grundwissen/kosmologische-rotverschiebung

14. Hassan Bolouri, **Symmetry:** the key to recognizing the cosmos

۱۴. حسن بلوری، 'تقارن ـ کلید شناخت کیهان'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه مارچ سال ۲۰۲۰

15. Claus Kiefer, Der Quantenkosmos, S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main, 2. Auflage, 2009.

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx